

# Contenido

Prefacio	xv
Lista de símbolos	xix

## **1** **INTRODUCCIÓN. EL CONCEPTO DE ESFUERZO** **1**

1.1	Introducción	2
1.2	Un breve repaso de los métodos de la estática	2
1.3	Esfuerzos en los elementos de una estructura	5
1.4	Análisis y diseño	6
1.5	Carga axial. Esfuerzo normal	7
1.6	Esfuerzo cortante	9
1.7	Esfuerzo de apoyo en conexiones	11
1.8	Aplicación al análisis y diseño de estructuras sencillas	12
1.9	Método para la solución de problemas	14
1.10	Exactitud numérica	15
1.11	Esfuerzos en un plano oblicuo bajo carga axial	23
1.12	Esfuerzos bajo condiciones generales de carga. Componentes del esfuerzo	24
1.13	Consideraciones de diseño	27
	<b>Repaso y resumen del capítulo 1</b>	<b>38</b>

## **2** **ESFUERZO Y DEFORMACIÓN. CARGA AXIAL** **46**

2.1	Introducción	47
2.2	Deformación normal bajo carga axial	48
2.3	Diagrama esfuerzo-deformación	50
*2.4	Esfuerzo y deformación verdaderos	55
2.5	Ley de Hooke. Módulo de elasticidad	56

2.6	Comportamiento elástico contra comportamiento plástico de un material	57
2.7	Cargas repetidas. Fatiga	59
2.8	Deformaciones de elementos sometidos a carga axial	61
2.9	Problemas estáticamente indeterminados	70
2.10	Problemas que involucran cambios de temperatura	74
2.11	Relación de Poisson	84
2.12	Carga multiaxial. Ley de Hooke generalizada	85
*2.13	Dilatación. Módulo de elasticidad volumétrico (o módulo de compresibilidad)	87
2.14	Deformación unitaria cortante	89
2.15	Análisis adicional de las deformaciones bajo carga axial. Relación entre $E$ , $\nu$ y $G$	92
*2.16	Relaciones de esfuerzo-deformación para materiales compuestos reforzados con fibras	95
2.17	Distribución del esfuerzo y de la deformación bajo carga axial. Principio de Saint-Venant	104
2.18	Concentraciones de esfuerzos	107
2.19	Deformaciones plásticas	109
*2.20	Esfuerzos residuales	113
	<b>Repaso y resumen del capítulo 2</b>	<b>121</b>

### 3 TORSIÓN 131

3.1	Introducción	132
3.2	Análisis preliminar de los esfuerzos en un eje	134
3.3	Deformaciones en un eje circular	136
3.4	Esfuerzos en el rango elástico	139
3.5	Ángulo de giro en el rango elástico	150
3.6	Ejes estáticamente indeterminados	153
3.7	Diseño de ejes de transmisión	165
3.8	Concentraciones de esfuerzo en ejes circulares	167
*3.9	Deformaciones plásticas en ejes circulares	172
*3.10	Ejes circulares hechos de un material elastoplástico	174
*3.11	Esfuerzos residuales en ejes circulares	177
*3.12	Torsión de elementos no circulares	186
*3.13	Ejes huecos de pared delgada	189
	<b>Repaso y resumen del capítulo 3</b>	<b>198</b>

### 4 FLEXIÓN PURA 208

4.1	Introducción	209
4.2	Elemento simétrico sometido a flexión pura	211
4.3	Deformaciones en un elemento simétrico sometido a flexión pura	213

4.4	Esfuerzos y deformaciones en el rango elástico	216
4.5	Deformaciones en una sección transversal	220
4.6	Flexión de elementos hechos de varios materiales	230
4.7	Concentración de esfuerzos	234
*4.8	Deformación plásticas	243
*4.9	Elementos hechos de material elastoplástico	246
*4.10	Deformaciones plásticas en elementos con un solo plano de simetría	250
*4.11	Esfuerzos residuales	250
4.12	Carga axial excéntrica en un plano de simetría	260
4.13	Flexión asimétrica	270
4.14	Caso general de carga axial excéntrica	276
*4.15	Flexión de elementos curvos	285
	<b>Repaso y resumen del capítulo 4</b>	<b>298</b>

## 5 ANÁLISIS Y DISEÑO DE VIGAS PARA FLEXIÓN 307

5.1	Introducción	308
5.2	Diagramas de corte y de momento flector	311
5.3	Relaciones entre la carga, el corte y el momento flector	322
5.4	Diseño de vigas prismáticas a la flexión	332
*5.5	Uso de funciones de singularidad para determinar el cortante y el momento flector en una viga	343
*5.6	Vigas no prismáticas	354
	<b>Repaso y resumen del capítulo 5</b>	<b>363</b>

## 6 ESFUERZOS CORTANTES EN VIGAS Y EN ELEMENTOS DE PARED DELGADA 371

6.1	Introducción	372
6.2	Cortante en la cara horizontal de un elemento de una viga	374
6.3	Determinación de los esfuerzos cortantes en una viga	376
6.4	Esfuerzos cortantes $\tau_{xy}$ en tipos comunes de vigas	377
*6.5	Análisis adicional sobre la distribución de esfuerzos en una viga rectangular delgada	380
6.6	Cortante longitudinal en un elemento de viga con forma arbitraria	388
6.7	Esfuerzos cortantes en elementos de pared delgada	390
*6.8	Deformaciones plásticas	392
*6.9	Carga asimétrica de elementos de pared delgada. Centro de cortante	402
	<b>Repaso y resumen del capítulo 6</b>	<b>414</b>

## 7 TRANSFORMACIONES DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES 422

7.1	Introducción	423
7.2	Transformación de esfuerzo plano	425
7.3	Esfuerzos principales. Esfuerzo cortante máximo	428
7.4	Círculo de Mohr para esfuerzo plano	436
7.5	Estado general de esfuerzos	446
7.6	Aplicación del círculo de Mohr al análisis tridimensional de esfuerzos	448
*7.7	Criterios de fluencia para materiales dúctiles bajo esfuerzo plano	451
*7.8	Criterios de fractura para materiales frágiles bajo esfuerzo plano	453
7.9	Esfuerzos en recipientes de pared delgada bajo presión	462
*7.10	Transformación de deformación plana	470
*7.11	Círculo de Mohr para deformación plana	473
*7.12	Análisis tridimensional de la deformación	475
*7.13	Mediciones de la deformación. Roseta de deformación	478
	<b>Repaso y resumen del capítulo 7</b>	<b>486</b>

## 8 ESFUERZOS PRINCIPALES BAJO UNA CARGA DADA 495

*8.1	Introducción	496
*8.2	Esfuerzos principales en una viga	497
*8.3	Diseño de ejes de transmisión	500
*8.4	Esfuerzos bajo cargas combinadas	508
	<b>Repaso y resumen del capítulo 8</b>	<b>521</b>

## 9 DEFLEXIÓN DE VIGAS 529

9.1	Introducción	530
9.2	Deformación de una viga bajo carga transversal	532
9.3	Ecuación de la curva elástica	533
*9.4	Determinación directa de la curva elástica a partir de la distribución de carga	538
9.5	Vigas estáticamente indeterminadas	540
*9.6	Uso de funciones de singularidad para hallar la pendiente y la deflexión de una viga	549
9.7	Método de superposición	558

9.8	Aplicación de la superposición a vigas estáticamente indeterminadas	560
*9.9	Teoremas de momento de área	569
*9.10	Aplicación a vigas en voladizo y vigas con cargas simétricas	571
*9.11	Diagramas de momento flector por partes	573
*9.12	Aplicación de los teoremas de momento de área a vigas con cargas asimétricas	582
*9.13	Deflexión máxima	584
*9.14	Uso de los teoremas de momento de área con vigas estáticamente indeterminadas	586
	<b>Repaso y resumen del capítulo 9</b>	<b>594</b>

## **10**

### **COLUMNAS**

**606**

10.1	Introducción	607
10.2	Estabilidad de estructuras	608
10.3	Fórmula de Euler para columnas articuladas	610
10.4	Extensión de la fórmula de Euler para columnas con otras condiciones de extremo	614
*10.5	Carga excéntrica. Fórmula de la secante	625
10.6	Diseño de columnas bajo una carga céntrica	636
10.7	Diseño de columnas bajo una carga excéntrica	652
	<b>Repaso y resumen del capítulo 10</b>	<b>662</b>

## **11**

### **MÉTODOS DE ENERGÍA**

**669**

11.1	Introducción	670
11.2	Energía de deformación	670
11.3	Densidad de energía de deformación	672
11.4	Energía elástica de deformación para esfuerzos normales	674
11.5	Energía de deformación elástica para esfuerzos cortantes	677
*11.6	Energía de deformación para un estado general de esfuerzos	680
11.7	Cargas de impacto	693
11.8	Diseño para cargas de impacto	695
11.9	Trabajo y energía bajo una carga única	696
11.10	Deflexión bajo una carga única por el método de trabajo-energía	698
*11.11	Trabajo y energía bajo varias cargas	709
*11.12	Teorema de Castigliano	711
*11.13	Deflexiones por el teorema de Castigliano	712
*11.14	Estructuras estáticamente indeterminadas	716
	<b>Repaso y resumen del capítulo 11</b>	<b>726</b>

**APÉNDICES**  
**735**

A	Momentos de áreas	736
B	Propiedades típicas de materiales seleccionados usados en la ingeniería	746
C	Propiedades de perfiles laminados de acero	750
D	Deflexiones y pendientes de vigas	762
E	Fundamentos de la certificación en ingeniería en Estados Unidos	763
	<b>Créditos de fotografías</b>	<b>765</b>
	<b>Índice</b>	<b>767</b>
	<b>Respuestas a los problemas</b>	<b>777</b>